

《“十三五”环境领域科技创新专项规划》

国科发社〔2017〕119号

科技部 环境保护部 住房城乡建设部 林业局 气象局
关于印发《“十三五”环境领域科技创新专项规划》的通知

各省、自治区、直辖市及计划单列市科技厅（委、局）、环境保护厅（局）、住房城乡建设厅（委、局）、林业厅（局）、气象局，新疆生产建设兵团科技局、建设局（环境保护局）、林业局，各有关单位：

按照《“十三五”国家科技创新规划》、《“十三五”生态环境保护规划》等的总体部署，为明确“十三五”期间环境领域科技创新的发展思路、发展目标、重点技术发展方向、重点任务和保障措施，特制定《“十三五”环境领域科技创新专项规划》。现印发你们，请认真贯彻执行。

科技部 环境保护部 住房城乡建设部
林业局气象局

2017年4月27日

“十三五”环境领域科技创新专项规划

为推进我国环境保护科技工作，持续加大科技对生态文明建设的支撑力度，强化科技创新促进生态环境质量持续改善，针对我国主要环境问题与科技需求，依据《“十三五”国家科技创新规划》和《“十三五”生态环境保护规划》有关精神和要求，编制本规划。本规划主要明确了“十三五”时期环境保护科技创新的指导思想、发展目标、重点任务和保障措施，是国家在环境保护领域科技创新的专项规划，是实现生态环境“绿水青山”的科技行动指南。

一、形势与需求

（一）工作基础

1. “十二五”环境科技发展状况

党中央、国务院高度重视环境保护科技创新工作。“十二五”以来，通过各类科技计划、产业技术规划和行业发展规划，我国在环境领域部署和实施了一系列科技项目与工程，投入总经费约 200 亿元，其中中央财政经费约 80 亿元。研究机构科研条件明显改善，支持了国家科技基础条件平台、国家重点实验室、国家工程实验室等平台/中心/实验室共约 110 个。科技人才队伍不断壮大，2015 年隶属于环境领域研究与开发机构 R&D 人员全时当量增至约 13000 人年，“十二五”期间增幅超过 30%。2014 年以来，已启动实施重点研发计划“大气污染成因与控制技术研究”重点专项和“典型脆弱生态修复与保护研究”重点专项。

通过科技任务部署和实施，突破了环境领域的一批重大前沿与核心关键技术。过去5年，在典型有机污染物的分析方法、环境行为、毒理效应与控制原理等基础研究方面取得了突破性进展；明确了气溶胶形成机制，突破了大气细颗粒物在线监测、污染源排放清单、二氧化硫减排、柴油车污染控制等关键技术，研发了一批大气环境污染治理新技术，带动了室内空气净化、烟气脱硝等设备与工艺的实际应用；阐明了水处理微生物聚集体形成与作用机制，突破水中颗粒物超高速分离、污水脱氮除磷等关键技术，水污染控制技术水平全面提升，推动了重金属、有机污染物、氨氮等废水生化物化处理技术发展和提升了河流综合治理工程技术水平；自主研发出低成本、易推广的污染土壤和湖泊底泥修复技术，并获得推广应用；突破了垃圾资源化、污泥清洁焚烧、含砷固废清洁处置等关键技术，固废处置与循环利用已由理念转入实施，构建了若干重点行业、重点区域的循环经济发展技术模式；建设和完善了陆地生态监测系统、环境卫星观测系统，建立城市生态过程模拟、生态功能区规划、交错带生态评估与恢复等技术体系，创新了脆弱生态系统恢复与重建技术模式，并在西部地区获得大范围推广应用。

科技成果在建立立体监测体系、支撑污染减排、引领环保产业发展、推进生态文明建设、促进国际地位提升等方面，发挥了积极作用。建立了较为完善的生态系统长期监测网络，为区域生态保护与恢复提供了重要研究平台；形成多套重大工程建设生态保护技术方案，支持了南水北调东、中线工程

建设；环保产业从对国外单项技术跟踪模仿，逐步走向自主创新之路；设立了多项国际公约的专门履约机构，积极参与履约进程及相关事务，提升了中国的国际影响力与话语权。

迄今，我国初步形成了具有中国特色的全要素、全链条、全方位的环境科技创新体系，从地下到空中环境介质、从环境过程认知到产业化推广示范、从标准法规制订到环境风险管理等诸多方面，取得了一系列科技创新成果，为我国环境质量改善、环境风险控制、生态安全保障提供了有力的科技支撑，为环境领域“十三五”科技大发展奠定了坚实基础。

2. 我国环境科技竞争力现状

“十二五”期间，我国环境科技发展迅速，已建立了较为完整的环境科技体系，为环境保护提供了有力的科技支撑。然而，与主要发达国家相比我国环境科技发展尚存诸多不足。

(1) 整体研究水平与发达国家存在差距。除局部处于领跑状态外，我国大部分环境科技基础研究与技术研发处于跟跑状态。

(2) 原创性技术不多，核心技术掌握不足。我国环境领域论文发表与专利申请数量位居世界前列，但总体质量不高，论文被引频次显著少于发达国家。环境领域技术创新能力不足，核心专利技术缺乏。

(3) 特有技术缺乏，自主研发能力薄弱。我国环境问题解决缺少国际经验借鉴，缺乏支撑环境质量改善的特有核心技术和产品，核心关键技术、设备、材料依赖国外引进。

(4) 研究与应用脱节，产业化水平低。我国环境技术

研发主体是高校和科研院所，企业创新能力不足，研发实力不具国际竞争力。技术研发与应用转化脱节问题突出，自主研发技术多处于小试或中试阶段，仅 36%左右技术进入产业化阶段。

因此，我们必须立足我国经济社会的发展阶段，针对我国重大环境科技需求，抓住新一轮科技革命和产业变革孕育兴起的契机，注重与信息、生物、材料等领域交叉，瞄准未来技术发展制高点，提前部署、分步实施，加快掌握重大核心关键技术，提升我国环境科技水平与环保产业国际竞争力。

（二）战略需求

1. 国家战略及目标需求

发达国家上百年工业化过程中分阶段出现和解决的环境污染问题在我国 30 多年快速发展中集中出现，当前我国环境形势呈现资源消耗涨幅收窄、环境承载力严重超载、生态环境问题多型叠加、环境质量缓慢改善、污染治理主体承受力下降、公众诉求高涨、环境管理模式急剧变革等特征。

“十三五”是我国经济结构调整、城市化、社会转型的叠加阶段，正处于社会经济发展与环境保护的胶着期，污染减排任务更重，环境质量改善难度增大，环境风险凸显，国际履约压力加剧。同时，在经济新常态下，“十三五”环境保护也将迎来难得的历史机遇，同时也面临严峻的挑战。党的“十八大”已明确把生态文明建设纳入中国特色社会主义事业“五位一体”总布局，着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展，形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、

生产方式、生活方式，从源头上扭转生态环境恶化趋势，为人民创造良好生产生活环境，为全球生态安全做出贡献。国务院相继发布了《大气污染防治行动计划》、《水污染防治行动计划》、《土壤污染防治行动计划》。这一系列战略部署从国家层面将生态环境保护与生态文明建设提到了前所未有的高度。同时，环境保护与生态文明建设也成为区域社会经济发展和结构优化的重大战略需求，《京津冀地区生态环境保护整体方案》已颁布实施，一带一路、长江经济带成为战略性布局，具有巨大环境保护需求。如何在新常态下解决生态破坏与环境污染问题，在发展中实现生态环境质量改善，将对环境科技创新提出更高要求。

2. 国际环境科技发展趋势

国际环境科技发展趋势已由单项治理转向综合防控，正在向可持续发展（绿色发展）方向延伸。主要发展趋势呈现以下特点：

（1）环境科技的范围不断向人群健康和生态环境风险防控扩展

发达国家在工业化高速发展时期，以酸雨和光化学烟雾为代表的环境污染十分严重，污染物源头控制技术成为环保科技重点。20世纪80年代开始实施排污许可证制度，推动了基于特定区域环境质量改善的多污染物控制技术研发，基本解决了常规污染问题，环境质量得到全面改善。新世纪以来，随着公众对环境质量要求日趋严格，复合型污染、人群健康风险、生态安全等成为环境领域研究重点。

（2）环境科技更加注重解决复合性、系统性环境问题

环境科技发展呈现从单要素向多要素综合研究、从局部地区污染防治向区域尺度和全球尺度生态环境问题研究转变。发达国家的环境科学研究已进入以地球生态系统为对象的综合集成研究阶段，开展了天地一体化、多环境要素交互影响的区域生态系统研究，建立了高度发达的环境信息网络，实现了环境要素的长期连续观测。

（3）环境科技发展更加注重融合其它相关领域的创新成果

随着生态环境保护工作不断深入，分子技术、生物技术、新材料、信息技术、云计算和大数据等在环境领域的应用不断拓展和深入，推动发达国家突破了一批生态环境改善的关键技术，促进了生态环境质量监控预警与改善技术的创新发展。环境科技发展与其它领域技术创新的不断融合进一步带动了环保产业大发展。

3. 环境科技需求与挑战

生态文明建设的需求使我国环境科技发展面临空前压力，同时也为环境科技快速发展带来了前所未有的机遇。我国“十三五”环境科技需求体现为：（1）解决传统的环境污染问题，需要环境科技继续为污染物减排与环境质量改善提供关键技术支撑和整体方案；（2）建设生态文明，需要环境科技支撑经济发展模式转变、环境风险控制、安全生态环境系统构建；（3）发展环保产业，需要环境科技突破重要工艺和重大装备的技术瓶颈；（4）应对新的全球性环境问题，需

要环境科技建立科学认知方法、前瞻性技术和系统思路。

针对水污染、大气污染、土壤污染、生态退化等突出环境问题，面临全面落实各项环境污染防治计划的迫切形势，环境领域科技创新亟需加快推动由末端治理技术向全过程控制技术转变、由单元技术研发向区域生态环境整体性集成创新转变、由核心技术突破向引领产业发展转变，形成解决我国环境问题的系统化技术方案。此外，面临着全球环境变化问题的挑战，需要加快环境与健康、化学品控制、全球环境履约等科技创新。我国未来环境领域科技工作需要围绕“质量改善、风险控制和生态安全”的战略目标，在“基础研究-前沿技术-应用技术-集成示范-成果推广-环境管理”整个链条上开展创新，形成“预防-治理-保护-可持续发展”的全过程环境技术体系。

二、指导思想和基本原则

（一）指导思想

全面贯彻党的十八大和十八届三中、四中、五中、六中全会精神，以建设生态文明和美丽中国为宗旨，坚持创新驱动发展战略，进一步落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》，按照支撑重点区域整体发展、管控脆弱生态环境风险、部署前瞻生态环境技术、形成可竞争环保产业、惠及日益迫切民生需求的思路，围绕生态文明建设中环境质量改善、风险控制与生态安全的核心任务，推动技术创新需求与解决重大生态环境问题的融合、核心技术突破与产业良性发展的融合、整体性生态环境技术与区域发展

需求之间的融合，形成面向现实与未来、适应不同区域特点、满足多主体需求、具有内生性发展能力的环境科技创新体系，支撑美丽中国梦的实现。

（二）基本原则

1. 战略性与前瞻性相结合原则

通过基础数据、模型、方法和技术，为生态环境保护提供强大的支撑和服务，提升其科学水平和工作效率；深化对现有环境问题的认识，不断探索新型环境问题，并提出解决方案，做到“防”、“控”结合，以科技创新助推生态环境保护。

2. 问题导向与创新驱动相结合原则

围绕国家污染防治和生态保护中可能遇到的重大热点、难点问题，面向“十三五”乃至更长时期的国家生态文明建设目标，加强生态环境保护理论创新和关键技术突破，促进发展方式的转变，支撑环境质量的改善，保障生态安全和人群健康。

3. 科技创新与体制创新相结合原则

鼓励环境领域的原始创新，注重引进消化吸收再创新和集成创新，加速环境科技创新；按照全面深化改革和生态文明制度建设总体要求，加强环境领域科技体制、机制的制度设计。

三、发展目标

（一）总体目标

针对我国社会经济发展中面临的重大生态环境问题，面

向建设美丽中国的宏伟目标，以环境质量改善、风险控制与生态安全为重点，深化与民生密切相关的环境健康、化学品安全、全球环境变化等重大生态环境问题的基础研究，突破一批环境污染防治、生态保护与恢复、循环经济、环境基准与标准、核与辐射安全监管等关键核心技术，形成面向重点区域环境问题的整体技术解决方案，融合技术与机制创新，建立一支科技研发、成果转化、工程应用、产业开拓人才互补的高水平人才队伍，全力打造一批符合现代市场模式的、具有衍生复制能力的创新型企业、科技创新平台与产业化基地，为我国环境污染控制、生态环境质量改善和环保产业发展提供科技支撑。

（二）具体目标

1. 大气污染防治。深化大气污染的成因及其健康影响研究，突破大气污染监控、质量管理领域核心技术，构建我国区域雾霾和光化学烟雾防治技术体系，形成解决我国大气复合污染问题的综合技术方案。

2. 水污染防治。加强水处理与资源化、流域水生态管理领域基础研究，建立低耗与高值利用的水污染综合防控与修复、基于标准与效应协同控制的饮用水净化、流域水生态智慧管理等成套技术，形成构建区域低耗处理与健康循环水环境系统的综合技术方案。

3. 土壤污染防治。深化土壤污染过程、生态与健康效应、联合修复机制研究，建立融“监测-预警-防控-修复”于一体的成套技术体系，推动修复技术应用工程化与材料设

备标准化建设，形成我国分类防治土壤污染的综合技术方案。

4. 生态修复与安全调控。开展区域生态格局演变规律、生态退化机理研究，突破一批生态监测、质量评估、系统恢复与安全保障、承载力预警与调控等关键技术，构建国家生态安全保障技术体系。

5. 废物控制与循环利用。开展固体废弃物源头减量、过程控制、共生利用、管理决策全链条系统研究，厘清固废来源、特性及分类，构建适应我国固废特征的源头减量与循环利用技术体系及管理决策支撑体系，加快建立垃圾分类处理系统，形成可复制、可推广、可考核的整体化解决方案。

6. 化学品控制与环境健康保障。深化重点化学品毒理作用和过程机制研究，突破高风险化学品的环境友好替代、典型行业重点化学品环境风险控制、化学品污染事故预警与应急控制等关键技术，构建符合我国国情的化学品整合测试策略技术框架。

7. 全球环境变化应对与国际履约。突破温室气体排放控制、生物多样性保护、生物安全管理、化学品风险管理、臭氧层保护、荒漠化防治、湿地保护、世界自然遗产保护利用和管理等技术瓶颈，形成一批具有自主知识产权的技术成果，为污染物跨境输送机制、国际履约谈判等提供科学支持。

8. 核与辐射安全监管。系统深入研究核与辐射安全监管科学技术，突破一批我国新反应堆设计验证、事故应急响应与救援、辐射环境监测与评价、核设施退役与延寿安全等

关键技术，初步建立核与辐射安全审评体系和独立实验验证平台。

9. 环境基准与标准支撑。攻克一批与环境基准密切相关的污染物筛选、毒性测试等关键支撑技术，制定和发布一批能够支撑我国环境标准制/修订和环境管理的环境基准，构建符合我国国情的国家环境基准体系，形成完善的环境基准理论、技术与方法学和支撑平台。

10. 区域生态环境综合治理。阐明重点区域生态与环境问题相互耦合的内在机制，研发生态与环境物联网智能化监测技术体系、区域生态服务功能与环境承载能力评估的指标体系和方法、区域生态效应和环境风险预测评估大数据分析 and 云计算技术，提出适宜我国发展战略需求的生态优化格局与环境质量调控方案。

11. 创新基地建设与人才培养。进一步优化技术、人才、资本、管理等创新要素配置，加速创新团队与领军人才培育、科技创新平台与成果转化基地建设，强化企业创新主体地位和主导作用，建立一批国家环保产业科技创新中心，优化环保产业技术创新战略联盟布局，加强环保产业技术标准化体系建设，促进科学研究、科技产业、科技服务、科技金融等深度融合，推进产学研联合攻关。

12. 国际合作网络构建。结合“一带一路”国家战略，加强环保科技合作研究、人员交流，积极深化与环保技术先进国家的双边和多边合作，实施气候变化与全球环境履约科技行动，重点组织实施一批具有核心技术的合作研究项目。

四、重点任务

针对我国“十三五”环境领域科技发展需求，以改善环境质量、降低环境风险、构建安全生态体系为目标，围绕大气、水、土壤、污染治理、生态系统修复，以及清洁生产与循环经济、环境基准与标准、核与辐射安全监管、化学品管理与国际履约等关键环境问题，开展基础研究与技术研发，实施重点区域生态环境综合治理，并推进环保产业发展和科技基地建设。重点开展以下 12 项任务。

（一）大气污染成因与综合控制

1. 雾霾和光化学烟雾形成机制

针对雾霾和光化学烟雾形成及防控的关键科学问题，开展大气挥发性有机物的降解和转化机制、重污染过程中二次颗粒物爆发增长的均相/非均相过程机制及其致霾作用、高颗粒物污染条件下区域大气光化学烟雾的形成机制、代表性区域大气氧化剂的演变特征及收支平衡、大气氧化能力对臭氧和 PM_{2.5} 浓度长期变化趋势的影响、重污染累积与天气及气候过程的双向反馈机制等基础研究，针对重点城市开展大气污染贡献率时空变化规律、交通环境大气污染水平与来源研究，阐明大气污染和气象因素的交互影响及其与区域大气环境容量的关系，找准大气 PM_{2.5} 爆发性增长的主控因子。

2. 大气污染的人群健康危害

研究建立大气污染暴露评价和健康效应早期识别技术，掌握大气细颗粒物对人体的急性和慢性健康损伤的暴露-效应关系，研究典型城市群大气污染的健康风险，建立室内外

空气污染健康影响的预防和控制技术，为大气环境管理和健康风险干预的决策提供科学依据。

3. 污染源全过程控制技术

开展细颗粒物、硫氧化物、氮氧化物、挥发性有机物（VOCs）、重金属和有毒有害物质等污染物高效脱除与协同控制技术研究，重点发展燃煤电站烟气污染物低成本超低排放、非电工业烟气污染物高效控制、污染物脱除与资源化利用一体化、典型行业 VOCs 排放控制及替代、机动车尾气高效后处理、船舶与非道路机械污染高效控制、居民燃煤和城市扬尘控制、城镇垃圾焚烧污染控制等关键技术、材料与成套装备，并形成技术标准与规范，开展移动源大气污染物与温室气体协同准入及退出控制标准研究与示范应用。

4. 空气质量改善管理支持技术

重点研究我国分区分阶段的空气质量改善路线图、大气污染损害评估技术和制度、大气污染源排放标准评估技术和制度、大气污染源排放现场执法监管技术方法体系、排放许可证管理政策和支撑技术等，建立空气质量决策全过程评估技术体系、空气质量标准和污染源排放标准制修订及全方位监管技术体系，创新污染防治机制体制和政策，为大幅提升我国空气质量决策能力提供科技支撑。

5. 监测预报预警技术

针对进一步提升大气环境监测预警能力的瓶颈问题，重点突破大气二次污染物及其前体物立体观测、适应于新标准的大气环境及污染源检测监测、多尺度大气复合污染预报预

警等关键技术，建立大气复合污染从地基、机载到卫星平台的一体化立体综合监测、预测评估和质量保证技术体系，推进大气环境监测预警数据共享，满足新的环境质量和污染源监管需求。

6. 大气污染联防联控技术示范

针对区域雾霾和光化学烟雾防治的需求，统筹监测预警-源头治理-监督监管等技术集成应用，建立可复制、可考核、可推广的适合不同区域大气环境监测预警-污染源控制-调控管理相结合的大气污染防治技术方案，加快先进大气污染防治技术转化应用，在重点区域开展大气污染联防联控技术示范，支撑自主研发大气环保技术市场占有率提高 20%左右，促进空气质量显著改善。

（二）水环境质量改善与生态修复

1. 基于低耗与高值利用的工业废水处理技术

系统深入开展废水风险消减、能源化与资源化利用研究，研发废水定向资源化与能源化利用、废水低能耗脱盐与分质回用、有毒污染物风险消减技术，进行工程应用示范与产业化，形成自主知识产权、技术标准规范，构建废水资源化、无害化技术集成体系，实现以废水中污染物的资源能源回用、有毒风险控制为核心的技术集成创新与跨越式发展。

2. 污水资源能源回收利用技术

开展污水处理中能源、资源回收的技术原理研究，研发污水碳浓缩分离及高效能源化、污水磷回收及高效利用、低 C/N 污水新型低能耗氮生物转化、污水中高值物质回收利用、

污泥资源化稳定化等技术；构建污水处理污泥处理处置中能源、资源的回收技术系统，进行工程应用示范与产业化，形成自主知识产权、技术标准规范，建设一批能源自给、资源循环利用的可持续污水处理工程，服务于中国近万座污水处理厂的提效改造，实现可持续的污水处理，为面向未来的新一轮污水处理技术革命做出贡献。

3. 高效地下水污染综合防控与修复技术

开展高效实用地下水原位修复材料与装备研究，研发地下水污染综合防控与修复技术，开展集中式地下水源地环境监测和污染防控技术研究及工程示范，研发地下水污染防渗等源头预防技术，构建高效地下水污染综合防控数字模拟技术平台，进行工程应用示范与产业化，形成自主知识产权、技术标准规范。

4. 基于标准与效应协同控制的饮用水净化技术

研发风险污染物检测与水质综合毒性评价、指标与效应协同约束的饮用水安全净化、化学-微生物协同调控的饮用水安全输配等技术，构建基于水质综合毒性响应的水质监测平台和指标与效应协同约束的饮用水安全净化成套技术系统，进行工程应用示范与产业化，形成自主知识产权、技术标准规范。

5. 流域水生态管理理论与技术

开展流域尺度的港口、航道、水电和航电枢纽等重大工程建设与水生生态系统结构功能响应关系研究，推进流域水生态生物完整性、物理完整性和化学完整性评估；研发农业

清洁流域构建、流域生态完整性评估和智慧化流域管理等技术，构建智慧化流域管理技术平台；研究人工湿地深度处理技术，进行工程应用示范与产业化；开展水环境承载力评价技术体系研究，建立环境价格税费政策、多元融资机制以及激励机制等环境创新制度，实现流域水生态环境智慧化管理。

（三）土壤污染防治与安全保障

1. 农用地土壤污染防控与修复技术

开展土壤污染物的界面过程与模型、形态与生物有效性、植物吸收与阻控机制等研究，获取低积累作物与高富集修复植物物种与遗传资源，建立土壤安全利用评估技术、方法与指标体系，研制新型重金属钝化剂和生物修复剂等功能材料，研发污染土壤物化调控、植物修复与阻隔、污染物扩散阻断等关键技术，构建土壤重金属及复合污染防控与安全利用成套技术体系，开展受污染耕地安全利用技术推广模式与产业化机制研究；通过筛选适宜的污染控制工程技术建设综合性土地整治与修复示范工程，集成重金属超标农田分类分级的区域性综合防治技术，建立重点地区农业安全利用的风险防控与修复体系。

2. 工业场地土壤污染修复与安全开发利用技术

开展工业场地土壤及地下水重金属、农药类、非水溶相有机污染物、卤代溶剂等时空分布、迁移规律与赋存形态研究，研制具有缓释功能的氧化/还原材料、高效固化/稳定化材料、增溶/增流及生物修复强化材料等修复材料，研发可移动、模块化的土壤-地下水协同修复技术与装备，构建修

复关键材料与装备创新技术平台，选择典型行业污染场地和特大型复合污染场地进行修复工程应用与综合集成示范，建立多工艺、多设备协同修复集成技术系统与土壤-地下水一体化综合防控技术体系，快速提升产业化水平，实现可持续场地再开发利用风险监管与全过程安全保障体系，开展现役工业场地土壤污染“源-汇”规律及土壤污染扩散机理研究，集成土壤污染风险管控关键技术。

3. 固体废物处置场地土壤污染控制与修复技术

开展固废处置场地土壤-地下水系统中污染物空间分布、污染扩散的理论与识别方法研究，研制还原稳定、生物淋洗、抗侵蚀防渗等新型修复材料，研发化学/生物淋洗、异位固化与原位反应栅等关键技术，创新衬层系统的污染阻截技术，构建固体废物处置场地污染土壤-地下水的协同阻控与修复成套技术体系及高效经济组合工艺，进行规模化工程应用示范，实现固体废物处置场地土壤污染的有效防控。

4. 矿区土壤污染控制与综合修复技术

开展矿区土壤重金属或石油类污染物的生物地球化学过程、生态效应和扩散阻控机理等研究，构建有色金属采选等流域或区域巨型污染场地整体环境风险管控技术体系，开展巨型污染场地的污染来源追踪、污染迁移模拟与反演、健康和生态风险分析、巨型场地综合治理等关键技术研究，研制绿色、可持续修复功能材料，研发矿区生物/物化覆盖材料与稳定层构建、尾矿渣、矿坑水及地下水的工程化阻断、高浓度石油污染土壤分离与生物联合修复等技术，构建矿区

土壤及地下水污染防治、修复与资源化利用成套技术体系，并在典型废弃矿区进行规模化工程应用示范，实现矿区土壤的污染控制与安全利用。

5. 土壤污染监测预警与风险管理技术

开展土壤新型污染物监测方法、源解析与土壤环境基准等研究，研发土壤及地下水环境快速监测和预警的新技术与新设备、土壤环境质量红线管控支撑、土壤环境多源数据融合与大数据管理、土壤污染风险评估及修复决策支持等关键技术，开展污染场地绿色与可持续治理修复管理模式研究，推进土壤污染绿色和可持续修复评估和实践，构建融合“监测-预警-防控”全过程的土壤环境管理与服务信息化技术平台，进行区域及场地应用示范，创新土壤环境管理的政策法规与资金机制，形成跨部门协同创新技术平台与科技成果转化支撑体系，实现土壤环境的分区、分类、分级管理模式。

（四）退化生态环境恢复与生态安全调控

1. 生态监测与评估技术

依托各领域野外观测台站，开展长期连续定位观测，评估生态系统质量和效益，研发天地空、点线面一体化生态监测技术，形成高性能的从个体、群落、生态系统到区域上的传感器网络体系；构建我国生态物联网监测体系，并对重点区域进行监测运行；建立我国生态质量评估模型，跟踪监测和评估我国生态质量动态变化，实现对我国生态质量的实时监控。

2. 森林等生态系统保护理论与技术

结合重点林业生态工程，研究天然林生长演替规律、湿地生态系统维持机制、有害生物成灾机理和调控机制、火灾燃烧蔓延扩散机理等理论，攻克不同空间尺度典型天然林保育和适应性经营、湿地生态系统结构和功能综合恢复、退耕还林工程功能提升、重要区域防护林建设与维护等关键技术，并进行应用示范。

3. 退化生态系统生态修复技术

开展区域生态演变和森林、草原、湿地、荒漠等生态系统退化机制、重大基础设施建设的生态累积影响与修复技术研究，提升对区域生态问题形成及其演变趋势的科学认识，研发退化生态系统群落合理配置、破碎景观修复、区域生态综合治理、生态系统稳定维持与功能提升、生态适应性管理、生态产业等关键技术与模式，并进行示范，通过单项技术集成实现生态恢复技术和生态产业技术的标准化、模式化、系统化。

4. 城市化发展的区域生态安全保障技术

研发区域生态系统评价与监管技术和区域生态健康诊断、安全评估与生态风险预测预警技术，构建城市群生态空间形态-格局规划设计与调控技术平台；研发关键生态景观重建技术以及受损生态空间修复保育技术，开发现有生态景观的功能提升技术，构建城市生态安全格局优化和生态安全保障调控技术体系，在典型城市化地区开展示范。

5. 生态与环境承载力预警与调控技术

研究生态与环境承载力的驱动机制、尺度效应及关键阈

值；重点研发生态与环境承载力动态监测与评价技术、标准和规范，开展中国不同尺度单元生态与环境承载力系统调查与综合评价；建立生态与环境承载力综合监测预警的区域调控机制和运行体系，在一带一路、京津冀、长江经济带等重点区域开展承载力预警与调控示范。

6. 国家生态安全保障技术体系

建立确定我国生态安全格局的指标体系和方法，研究我国生态安全格局演变、生态系统服务以及生态安全格局形成机制，研发国家生态安全风险评估及预测预警技术、生态安全格局优化和调控技术、生态资产核算和生态补偿技术，明确维系我国生态安全的关键屏障区域。

（五）废物综合管控与绿色循环利用

1. 典型工业固废源头减量与清洁利用技术

开展重点行业固废污染特征识别与减量化基础研究，研发在线调质改性、组份深度提取、高性能建材制备、污染协同控制等关键共性技术，构建固废全过程近零排放循环经济技术体系和标准规范技术体系，进行典型工业固废大幅度源头减排与跨产业循环利用工程应用示范，实现 5-10 种典型工业固废减量化利用全链条技术与产品体系、典型固废源头减排 30%以上、综合利用经济效益提高 30%以上。

2. 城镇与农林生物质废物资源化与能源化利用技术

开展生物质废物产量及特性、要素循环及能量转化调控机理研究，研发分质预处理、高参数焚烧发电、高品质燃气利用、二次污染控制、大型成套化装备开发等关键技术，构

建具有产业化运营模式与保障机制的成套技术体系，在不同规模、地域和发展水平的城市与区域进行 5-10 项重大工程应用示范，实现示范区生物质废物资源化率超过 70%，资源能源利用效率和二次污染控制达到国际先进水平。

3. 新兴城市矿产精细化高值利用技术

开展新兴城市矿产产品生态设计方法与再生组织性能调控原理研究，研发尾矿库无害化处置和综合利用、机器人辅助微型化产品精细拆解、高值稀贵金属回收提纯、大型零部件成套再制造、废旧复合材料智能分选与全量回收等关键共性技术，构建具有国际先进水平的城市矿产开发利用技术装备体系，进行国家城市矿产和再制造行业产业化，实现新能源装备、便携电子产品精细拆解比例提高 30%、稀贵金属循环利用率提高 20%和 30-50 项回收利用技术规范及再生产品标准的制定。

4. 固废资源化管理决策支撑技术

开展促进固废资源化科学管理体系构建与产业快速健康发展新理论、新方法的研究，研发支撑构建固废资源化战略决策、关键制度、评价指标和标准体系的关键技术与工具，构建固废智能化回收的成套系统和技术体系，进行一体化管理与决策科技创新综合应用示范，实现对固废大规模消纳、产业健康发展和风险全面控制的系统支撑。

（六）化学品风险控制与环境健康

1. 化学品毒性作用和过程机制

系统深入研究不同化学结构化学品的健康毒理与生态

毒理作用机制，研发基于分子生物学、高通量 DNA 测序、系统生物学的生物毒性测试新技术，研发复杂环境介质中化学品毒性综合分析生物组学技术、多层次多指标的污染物毒性高通量快速评价技术；建立化学品整合测试策略框架及计算毒理学技术，逐步实现我国水陆生代表性土著生物的实验化。

2. 化学品暴露、危害与风险评估技术

建立适于我国国情和化工产业结构特征的暴露场景技术指南，研究建立重点行业的暴露场景方法和标准，开发工业污水处理与排水系统的暴露预测模型和软件工具，研发基于地理信息系统的化学品暴露预测一体化模型和软件工具，编制重点行业化学品环境暴露参数及暴露因子手册；研发符合我国国情的化学品健康与生态危害评估策略，构建化学品危害综合评估程序和分类系统；研发适合不同科学确信度需求的多层次风险评估方法与大尺度区域整合风险评估模型系统。

3. 化学品风险全过程控制与监测预警技术

开发基于风险分析和高通量筛查的化学品风险源识别与分类排序技术，实现化学品环境风险源的有序分类管理；开发优控化学品替代关键技术与工艺，研制一批环境友好的替代化学品；开发重点行业企业的化学品生产、堆存、运输、使用、排放和处理处置全生命周期风险预警、控制与管理技术；开发特征化学污染物监测方法和在线、便携以及现场快速检测技术与设备，建立符合我国实际的安全替代、过程削减、产品残留最小化等技术体系。

4. 化学品风险防控与环境健康保障综合示范

识别典型区域或流域主要化学品生产、运输、使用的环境风险和健康风险，完善地方化学品风险管理及环境安全保障政策法规，开发长江等重要航道危险化学品船舶运输环境安全风险防控技术，针对替代、削减和去残留等风险控制技术开展综合示范；开发出可复制、可推广的化学品风险控制与环境安全保障技术和管理措施，形成技术标准规范，提出加强国家化学品管理与环境安全能力的整体策略与技术体系。

（七）环境国际公约履约

1. 污染物跨境输送机制

开展跨境水体、陆域生态环境事件预防及应急机制研究，PM10、PM2.5、光化学烟雾、气溶胶、酸雨等大气污染物及汞、持久性有机污染物（POPs）等空气污染物及海洋垃圾长距离输送机制、生态效应及控制技术研究，沙尘暴成因、传输途径、影响机制和控制对策研究。

2. 生物多样性保护与维持技术

开展我国生物多样性形成和维持机制研究，重点突破生物多样性监测与预警技术、珍稀濒危物种保育技术、极小种群野生植物保护技术、古树名木保护和利用技术、关键栖息地保护与恢复技术、国家公园建设技术、自然保护区管理技术以及遗传资源保护与利用技术；发展自然保护区规划、质量评估理论和方法，综合评价现有自然保护区网络设置的效果和合理性，构建生物多样性保护的优化管理模式。开展外

来物种入侵途径、扩散机制、危害机理、预警机制及其生态风险评价、管理与防除控制技术研究，以及有效应对外来物种入侵的国家政策与法律框架研究。研发重点疫病病原的分离、鉴定、溯源及变异跟踪，以及野生动物重大传染病预警、检测与防控技术。

3. 化学品风险管理与国际履约支撑技术

构建跨部门协调统一的我国化学品信息化数据库平台，开展重点环境管理类和高关注类化学品的清单调查、重大风险源辨识预警和监控管理数据库、专家判别与风险管理系统平台研究，建立化学品风险管理信息化支撑体系；编制化学物质安全性评估 GLP 体系建设及合格实验室审核验收标准与监管规范；研制化学品毒性分类参考物质、生态毒性检测技术标准化和发育毒性参照物；开展国际公约受控化学品清单方法学、替代品评估、新增列化学品预警、成效评估等履约关键技术研究；分析研究我国不同履约对策的经济社会和环境影响，提出我国履约战略建议和产业对策建议。

（八）核与辐射安全监管

1. 核与辐射安全基础研究

开展核电厂严重事故下安全壳内热工水力现象与气体行为等严重事故机理研究，研发破前泄漏率测量及其计算模型，研究基于先进压水堆型的整体热工水力性能；研究异种金属焊接工艺、接头性能及断裂力学模型，研究核设施重要材料特性及失效机理；研发核电厂可靠性数据库及数据分析技术体系，建立核设施老化安全评估技术体系，研究核设施

数字化仪控系统失效机理、故障模式；更大范围内研究核电厂外部极端事件，加强核电厂对外部事件的预防能力；研究核电厂液态放射性流出物排放及其对海洋生态系统的长期效应、周边环境放射性源项排放相关性以及放射性核素在介质中迁移规律。

2. 核与辐射安全关键技术

系统开展核设施老化及运行许可证延续（延寿）研究，突破核设施退役场址清污、环境整治等关键技术，逐步建立我国核设施退役管理及相关技术要求；开展高放废物处理处置源项调查和预测，研究高放废液玻璃固化处理和固化体性能，突破后处理厂能耗信任机制应用技术；研究中等深度放射性废物处置技术安全全过程系统分析技术，确定评价场景及方法；研究放射性废物处置对环境的影响，并形成相应的生态补偿机制；突破核事故状况诊断、事故现场快速重构、辐射环境下长距离无线通讯、辐射后果评价技术，完善核事故应急监测、评价管理体系；研究铀矿冶工艺废水及渗水处理、地浸采铀设施地下水修复治理、抽煤压覆矿区污染防治技术、矿产资源开发利用产生高放射性废渣处理技术；研究直流输电工程电磁环境控制限值及监测方法。

3. 核与辐射安全监管工具和方法

研发核电厂堆芯物理分析、热工水力、事故分析、屏蔽和源项分析等方面的计算模型，建立一套适用于核安全审评的具有自主知识产权的安全分析软件，研发运行核电厂温排水环境影响评价方法，突破中国实验快堆工程、中国先进研

究堆等大型研究堆的运行以及微堆低浓化条件下的安全技术，研发后处理设施的临界安全技术规范和环境生态风险评价方法，不断完善核设施核与辐射安全监管体系；研发贫化六氟化铀安全管理与处理处置、抽煤等资源共采环境影响等的评价方法，突破铀矿地勘坑井水处理、铀矿地勘及采冶设施退役治理环境保护技术，建立铀矿地勘及采冶退役设施长期监护机制；研究制定广电类建设项目环境影响评价技术规范，研究高风险放射源及射线装置在线监控及放射源快速搜寻、定位和回收技术。

4. 新建核设施核与辐射安全技术

研发“实现从设计上实际地消除大规模放射性释放”的安全要求和评价准则，完善新建核设施与核辐射安全目标；研发新建核电厂概率安全评价独立审核计算标准模型，研究三代核电厂性能指标，建立核安全监管体系；研究示范钠冷快堆、加速器驱动次临界洁净核能系统和熔盐堆等新型核能系统，以及海上小型堆核动力平台等新型小型模块化反应堆相关核安全监管技术，突破高温气冷堆核安全及审评技术，建立相应新堆型的审评技术要求；研究核与辐射事故社会问题和公众心理社会效应，预防和减轻事故的社会效应危害；配合我国核燃料循环产业的建设，研究先进燃料和相关组件安全技术、先进乏燃料后处理安全技术，完善相应的监管体系。

（九）环境基准与标准体系建设

1. 适合我国国情和区域特点的国家环境基准体系

综合考虑国家社会发展阶段和环保形势，形成涵盖各主要介质（水体、大气和土壤）的、完善的环境基准技术标准和方法规范；通过专项研究，加强顶层设计，统筹部署长期、系统的基本数据获取和过程研究，加强国际合作的整体能力，发挥多学科综合交叉优势，形成国家环境基准体系，为环境保护工作提供全面科技支撑。

2. 国家环境基准基础数据共享系统

通过实验研究、文献资料调查整编等方法，积累一批我国毒性和污染物含量分布的基础数据，主要包括国际通用模式生物毒性数据、本地物种生物数据、模型预测数据、水土气污染物和化学品基本数据、人体健康暴露参数、流行病学基础数据，建立国家环境基准基础数据共享系统。

3. 环境基准支撑技术研发与管理应用示范平台

突破目标污染物筛查、国际通用模式生物、生物毒性测试技术、暴露评估和风险评估等的一批环境基准关键支撑技术；提出我国优控污染物及排序；在重点区域/流域建立综合示范基地，开展实验室和野外综合应用研究；制/修订一批重要目标污染物环境基准值，建立动态修订、发布和综合应用机制；开展环境基准管理适宜性研究，搭建基于环境基准的技术服务和日常管理平台；建立环境基准领域国际合作交流平台，促进我国和其他发达国家环境基准数据的互联互通。

4. 环境基准支撑能力建设和科研联盟

探索环境基准在环境质量评价、环境监管、环境应急处

理处置、环境规划等环境风险管理和治理中的应用，形成一套行之有效的管理制度和运行管理机制，明确国家环境基准管理制度的章程和职责，建立环境基准管理制度的评估机制，逐步规范运行模式和完善管理制度；加强国际合作的整体能力，发挥多学科综合交叉优势，形成国家环境基准科研联盟，共同开展环境基准基础性工程，为我国环境质量改善提供全面科技支撑。

（十）重点区域生态环境综合治理

1. 智慧生态环境综合观测与大数据分析

研发智慧生态环境综合观测与大数据分析系统，以及具有伸缩性、尺度扩展性的智慧生态与环境信息感知系统，在明确多种生态因子与环境要素变化同步、趋势关联机理基础上，提出智慧生态环境观测指标体系；通过协调现有多种对地观测卫星、生态系统监测网络和地面传感器网络等天地空立体化观测资源，构建自适应和协调性的综合监测网络，以及面向大数据分析的智慧型生态与环境监测体系。

2. 区域生态服务功能与环境承载力

深入研究区域生态资产与生态服务功能、区域环境承载力，以及城市与周边区域的生态关联程度，阐明区域生态服务功能对经济社会发展的贡献、区域经济社会发展对区域生态服务的需求；揭示区域生态服务功能与经济社会发展的供需关系及其与环境承载力的关系，研发区域生态合作等有效手段，实现城市与周边区域生态环境关系协调，进而为区域生态环境一体化管理提供支撑。

3. 城市化的生态效应与环境风险

针对城市化过程带来的生态效应和环境风险，重点研究全球气候变化与区域城市化的耦合效应，解析城市化对区域生态格局与安全的影响；通过分析区域污染排放集聚效应及生态影响、城市生态环境演变与健康效应，构建城市生态环境风险评估模型与方法，进而提出城市生态风险预警机制、管理方法与调控对策。

4. 区域生态与环境一体化治理与适应性管理模式

构建典型高风险性污染物的多介质迁移转化规律与风险识别体系、废弃物资源化资源化与城镇矿产资源循环利用技术体系，提出解决区域废弃资源高效治理与再生利用的综合技术体系与管理体制，深入探讨典型流域生态治理与适应性管理综合技术，形成完整的典型地区生态与环境一体化治理成套技术集成体系，建立优化管理模式和评估体系，实现污染治理有效化、低成本化和高资源化，为形成区域经济、环境保护和生态文明协调发展的新格局提供技术支撑。

5. 区域生态格局优化与环境质量调控

重点研究生态保护红线与生态红线优化、区域产业结构调整与优化布局、区域生态环境基准与标准化管理以及基于功能单元的生态与环境一体化管理原理，并研发相应的关键技术；研究水、气、土、生态跨要素、跨领域的环境管理政策，开展跨要素、跨领域的环境质量响应政策、规划评价关键技术研发；研究区域基于污染物排放总量-环境质量响应的综合防控与集成管理关键技术，以京津冀、长三角、珠三

角、长江经济带等重点地区和典型省份为政策集成试点，建立环境管理战略转型相适应的生态环境保护制度、政策和管理机制；研究突破一批支撑制度实施的理论、技术方法和规范，重点突破省域、区域、城市群空间规划体系关键技术并进行试点，积极推动国家空间规划体系制定实施，为区域生态格局和环境质量的综合调控与优化提供理论基础与技术支撑。

（十一）创新基地建设与人才培养

1. 推进环境领域国家科技创新平台持续发展与创新

优化环保领域产业技术创新战略联盟布局，充分发挥环境领域国家重点实验室和国家工程技术研究中心作用，推进产学研联合攻关。强化企业创新主体地位和主导作用，建立一批具有创新优势、产业优势、服务优势、品牌优势的国家水安全产业科技创新中心，加强国家科技创新平台的运行，形成具有国际先进水平的科技创新平台体系，促进环保产业创新发展。

2. 建立环保技术创新与信息服务平台

联合科研院所、技术研发实体、中介服务机构、产业投资公司、大中型企业等产学研优势单位，建立一批国家技术转移中心、环保大数据与技术创新平台，形成开放式、多层次、网络化、综合性的创新服务体系，以市场化运作机制，推动技术成果转化、标准化与推广应用，提升环保工程转化与技术转移能力；重点发挥互联网优势，优化国家科技计划环保科技成果信息综合服务平台，提升科技成果线上线下展

示、电子商务、科技咨询、中介服务、管理服务等服务能力；发展支撑环境污染大众监督的环境监测网技术，建立环境问题大众举报条件和机制。

3. 加强打造环保技术创新产业示范基地建设

依托开发区、高新区、新型工业化产业集聚区，支持节能环保产业技术创新，推动产业集聚集约发展，形成具有推广价值、示范效应的“环境医院”、“环境绩效合同”等创新发展模式，集中问题诊断、技术方案、工艺设计、产品设备、工程建设、投融资服务等优势，为环境治理提供整体技术解决方案和全过程服务；推进环保装备标准化工厂建设，完善环保产业技术标准体系，研究符合国际规则的支持政策，促进环保创新产品的研发和规模化应用。

4. 培养环境科技创新团队与人才

持续支持环境污染控制等关键领域的科技创新团队建设，培育若干中青年科技创新领军人才、科技创新创业人才，培养一批高水平的科技人员和企业工程技术人员，加强基础研究，强化原始创新、集成创新、引进消化吸收再创新，发挥科技创新引领作用，大幅度提升我国生态环境保护的自主创新能力和核心竞争力。

（十二）国际合作网络构建

以提升我国环境科技水平、引进与培养人才、提高我国生态环境保护能力为目标，分层次、分步骤、有重点地开展国际科技合作。一是结合“一带一路”国家战略，加强环保科技合作研究、人员交流，支持国际先进技术联合研究中心、

国际先进技术转移中心、南南合作相关基地(中心)的建设,鼓励先进环保技术“走出去”和“引进来”,提升我国环保技术装备国际市场竞争力。二是积极深化与环保技术先进国家的双边和多边合作,深入实施中美清洁能源联合研究中心“能源与水”科技合作、中美环境保护科技合作备忘录、中德清洁水行动计划、中以水资源高效利用、中欧水资源交流平台、中日韩环境污染防治技术合作网络和中韩/中日/中新等双边、多边国际科技合作,建设生态环境保护的国际合作平台与全球科技合作网络,提出适应性措施与相关建议,开展污染物跨境输送研究与合作。三是实施气候变化与全球环境履约科技行动,深入研究全球变化对生态环境的影响,提出适应性措施与相关建议,认真履行持久性有机污染物、湿地公约等国际环境公约。四是重点组织实施一批具有核心技术的合作研究项目,重点开展中国与日本、新加坡、丹麦、澳大利亚、新西兰、加拿大等国家政府间环保科技合作项目。

五、保障措施

(一) 创新科技工作组织实施机制及模式

贯彻落实《“十三五”国家科技创新规划》要求,根据国家科技计划管理改革的有关精神以及环境领域科技发展的实际需求,建立部门协同、专家参与、多元投入、分类组织的组织管理体系,保障规划实施。建立跨部门组织协调机制,加强对规划整体目标的把握及实施进度的监督,研究完善有针对性政策保障措施。发挥专业管理机构的优势,规范各项任务落实与实施。构建信息共享机制和信息统一发布平

台，促进科研信息共享。加强环境领域科普和宣传工作，引导全社会形成保护生态环境的良好氛围。

（二）构建多元投入与风险共担关联机制

建立部门、行业、地方之间的统筹协调推进机制，优化科技资源配置。创新投融资体制机制，完善风险投资和补偿机制，鼓励社会资本进入环境科技领域的研发与产业化发展。健全政策标准体系，从污染防治技术政策、财政支持政策、研究开发政策等方面，推动研发成果的潜在市场快速转化为现实市场。支持知识产权质押融资和专利转移转化，建立多元市场投融资机制和促进成果转化的有效机制，共同解决任务实施过程中遇到的各种问题。强化利益激励与风险共担的关联机制；对于已形成的科研成果技术，鼓励成果所有权方与受用方共同协商成果转移的相关问题。

（三）实施创新激励与成果转化促进机制

激发科研人员的创新活力并提升原始创新能力，推动科研人员职务发明成果转让收益合理分配，提高科研负责人、骨干技术人员等重要贡献人员的奖励比例。加强科研职业道德建设，开展诚信教育，建立环境科研人员诚信体系和惩戒制度，遏制科学研究中的浮躁风气和不良学术风气。鼓励应用型环境技术研发机构创办高科技企业，以市场为导向，发挥企业技术创新主体作用，鼓励民间资本和小微企业参与环境技术研发，提升中小微企业环保科技创新能力。完善产学研协同创新机制，建立行业骨干企业、科研院所、高等院校和中小微企业协同创新的资金投入、技术开发、成果转化与

利益共享机制。做好科技示范工作，严格知识产权的管理和保护，明确环境领域科技项目承担单位科技成果转化责任，促进环保科技成果推广和转化，增强环保科技对环保产业的支撑作用，引导环保产业快速健康发展。支持国家可持续发展议程创新示范区开展环境科技创新和先进适用技术的转移转化。